

KT66 無帰還プッシュプル モノーラル・アンプの設計



Rev.1 2025/10

馬場 和章
(美音クラフト株式会社)

本機は、KT66を2本使用したモノラル・パワーアンプです。KT66は、古くからメーカー各社のパワーアンプに採用されてきた名球です。

本機は、UL接続プッシュプル構成ながら、バランスアンプの要素を取り入れて、無帰還にて必要な性能を達成しています。

なお本機は、別稿のMC入力無帰還プリアンプとの組み合わせを想定して、設計しています。

Contents

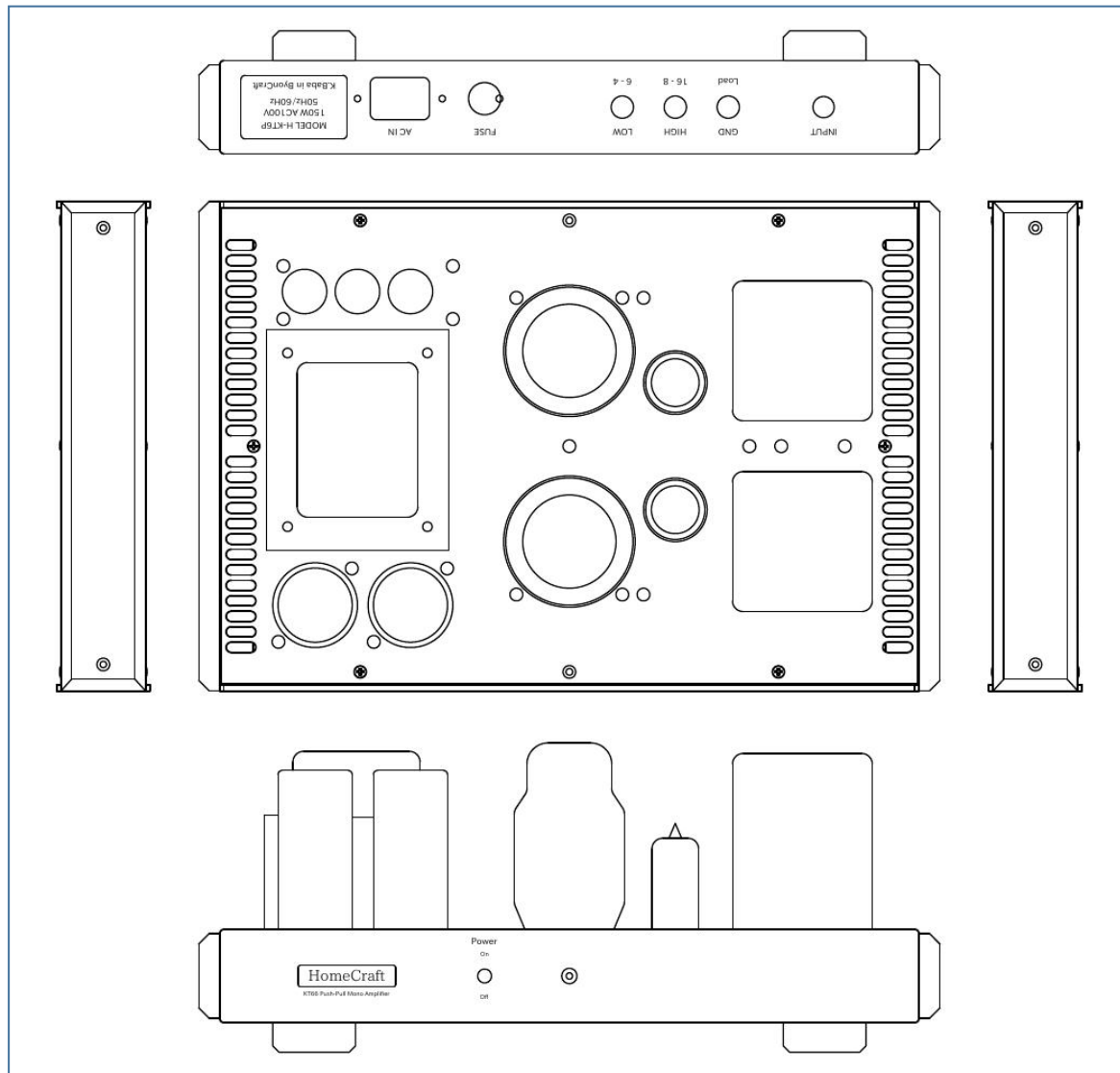
1. パワーアンプの概要	Page 2
2. ブロックダイアグラム	Page 3
3. アンプ部の回路設計	Page 4
4. アンプの特性	Page 6
5. 電源部の回路設計	Page 8
6. 実装設計	Page 9
7. 基板設計	Page 10

※ ご注意

本紙は、アンプの自作をなさる方の、ご参考にしていただくことを目的としています。
本紙の無断転載や商用利用などの行為は、なさらないようお願いします。

1. パワーアンプの概要

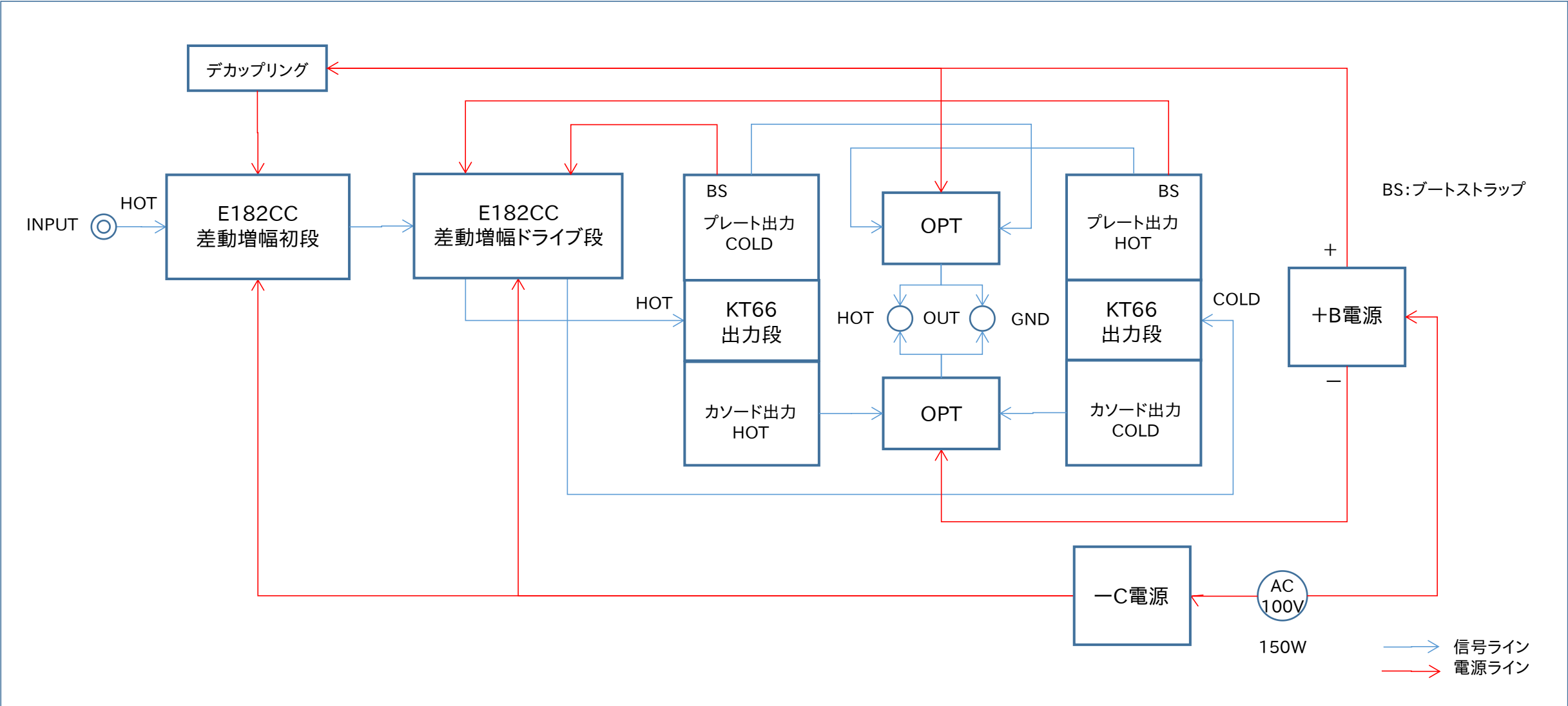
パワーアンプの性能向上には、何らかの打ち消し補正を使用します。本機は、ループ帰還に依らず、2個の出力トランスによる擬似的なバランス回路によって、各増幅段で同相ノイズや歪を打ち消す方式を採用しています。



- 1) 本機は、定格出力 11W/8 Ω (A級)、最大出力 15W/8 Ω (AB級) のモノラル・パワーアンプです。
- 2) マッキントッシュ社の出力回路に範を得ていますが、出力トランスは2個使用しています。
- 3) AB級動作で発生する、出力トランスの過渡振動の防止には対応できないため、A級領域を拡大することで回避しています。
- 4) また、ドライブ段にもCSPPの要素を取り入れて、ループ帰還に依らず、諸特性の改善を図っています。
- 5) ゲインは出力規模に合わせて、約21dBとなっています。単機能のモノラル・パワーアンプであるため、プリアンプとの組み合わせが必要となります。
- 6) デザインは薄型の筐体として、MC入力無帰還プリアンプやその他のアンプとマッチするデザインとしました。

2. ブロックダイアグラム

下図にブロックダイアグラムを示します。グラウンドラインは省略しています。出力は、HIGH/LOWの2つの端子があります。詳細は回路設計で解説します。

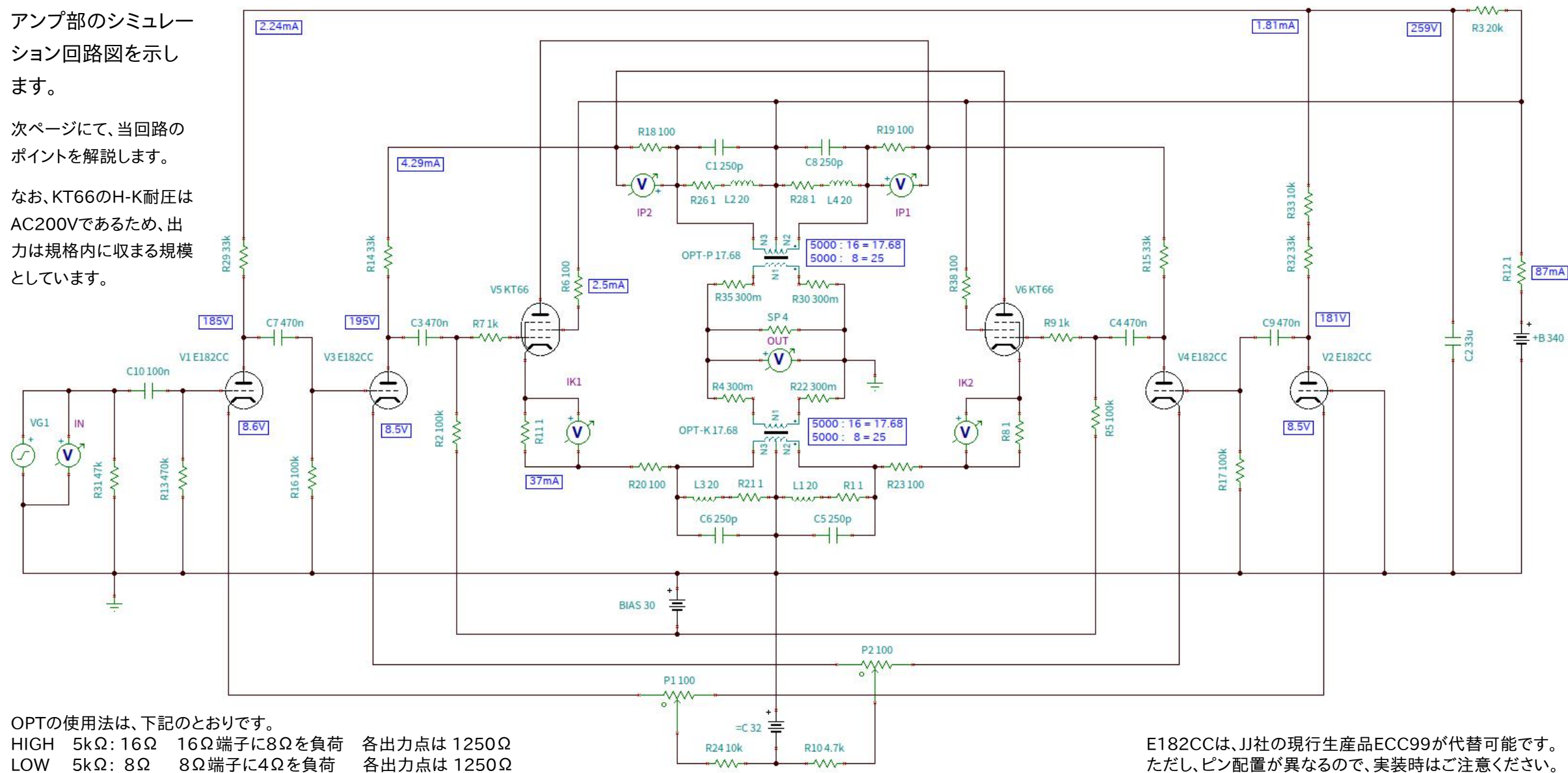


3. アンプ部の回路設計(1/2)

アンプ部のシミュレーション回路図を示します。

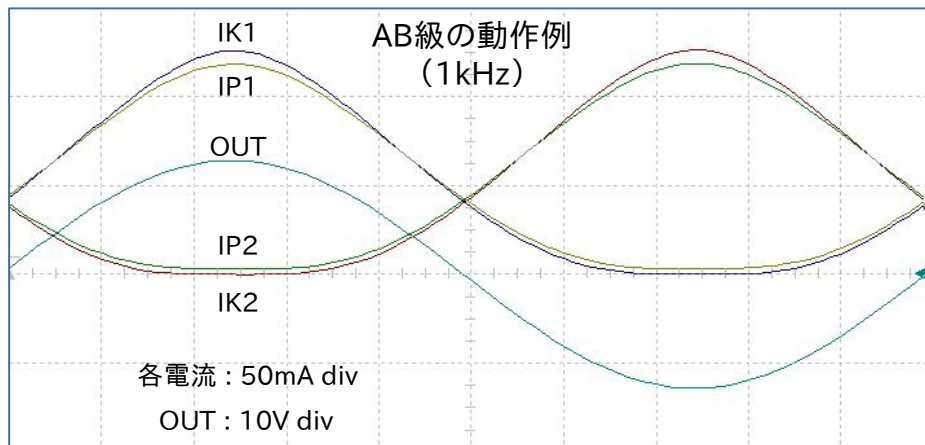
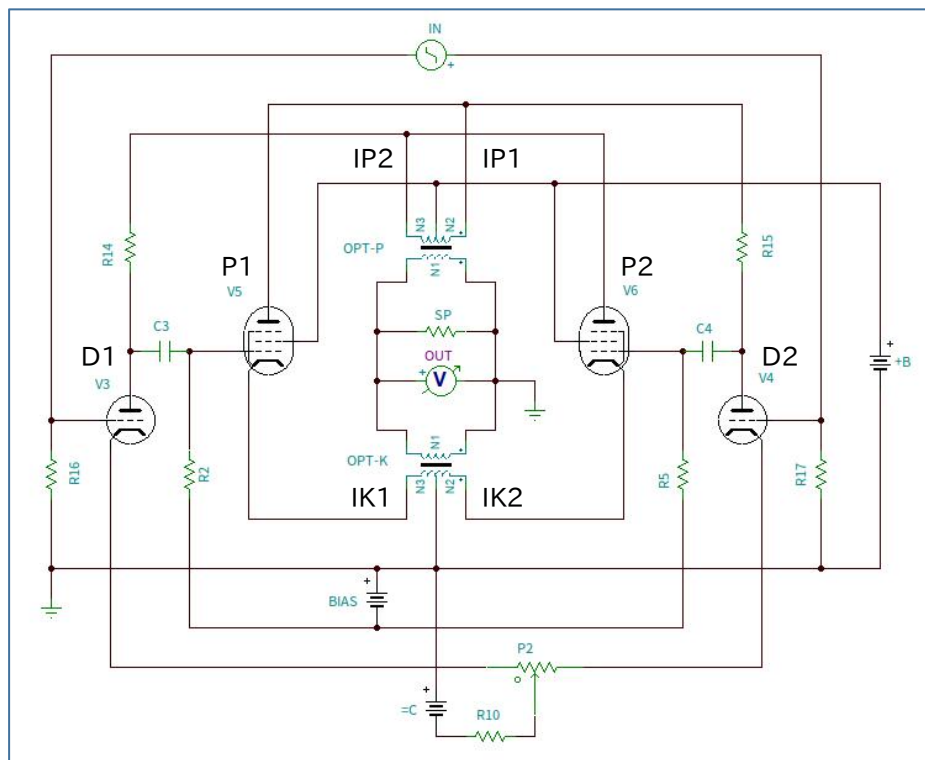
次ページにて、当回路の
ポイントを解説します。

なお、KT66のH-K耐圧はAC200Vであるため、出力は規格内に収まる規模としています。



E182CCは、J1社の現行生産品ECC99が代替可能です。
ただし、ピン配置が異なるので、実装時にご注意ください。

3. アンプ部の回路設計(2/2)



左図は、ドライブ段と出力段を抜き出して、簡略化したものです。

基本はプッシュプル回路ですが、プッシュプル出力トランスを2個使用することにより、4つの出力点を利用した、擬似的なバランス回路となっています。

- 1) 出力段は、カソード側に合わせて、入力と同位相で出力しています。このため、プレート側は出力トランス1次側の接続を反転させています。
- 2) グリッド入力はグラウンド基準となっており、カソード側はフォロワー回路となります。プレート側出力と合成しても、低インピーダンスでの出力が可能です。
- 3) スクリーニンググリッドへは+B電源より給電します。カソード側の出力により、スクリーングリッドとカソード間には出力の50%の交流電圧が掛かり、出力管は50%帰還のUL動作となります。
- 4) スクリーニンググリッド電流は、カソード側に流れて出力に寄与します。
- 5) ドライブ段へは反対位相の出力管プレートから給電しています。これにより、ドライブ段のプレートには出力の50%のブートストラップ(PFB)が掛かり、ドライブ電圧を補っています。
- 6) ドライブ段は差動回路となっています。ブートストラップを含めて差動増幅されるため、プレート抵抗には出力管の非直線性歪を補正する電圧が生成されます。出力管のグリッドには、補正成分が含まれたドライブ電圧が印加されることになります。
- 7) カソード側(IK1,IK2)には、出力管のプレート電流とスクリーングリッド電流が流れます。カットオフが発生するAB級では、カットオフ側の巻線は開放状態となります。
- 8) プレート側(IP1,IP2)には、出力管のプレート電流とドライブ段のプレート電流が流れます。カットオフが発生するAB級では、カットオフ時でもドライブ段のプレート電流が流れるため、カットオフ側の巻線は開放状態とはなりません。

4. アンプの特性(1/2)

各出力端子における入出力特性を下表に示します。(1kHz時)

HIGH	1W /8 ohm	16 ohm	8 ohm	6 ohm	4 ohm	Max /8 ohm
DF	5.7	11.3	5.7	4.2	2.8	5.7
Zo	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42	1.42
In peak	0.360	1.200	1.200	1.200	1.200	1.400
In rms	0.255	0.849	0.849	0.849	0.849	0.990
Out rms	2.83	10.33	9.50	8.96	8.01	11.01
PWR	1.0	6.7	11.3	13.4	16.0	15.2
THD	0.03%	0.58%	0.30%	0.13%	0.70%	0.90%
Gain dB	20.9	21.7	21.0	20.5	19.5	20.9
SPL +dB	0.0	11.2	10.5	10.0	9.0	11.8

LOW	2W /4 ohm	6 ohm	4 ohm	3 ohm	2 ohm	Max /4 ohm
DF	4.7	7.1	4.7	3.6	2.4	4.7
Zo	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
In peak	0.525	1.300	1.300	1.300	1.300	1.400
In rms	0.371	0.919	0.919	0.919	0.919	0.990
Out rms	2.83	7.54	7.05	6.59	5.82	7.53
PWR	2.0	9.5	12.4	14.5	16.9	14.2
THD	0.04%	0.56%	0.30%	0.15%	0.60%	0.97%
Gain dB	17.6	18.3	17.7	17.1	16.0	17.6
SPL +dB	0.0	8.5	7.9	7.3	6.3	8.5

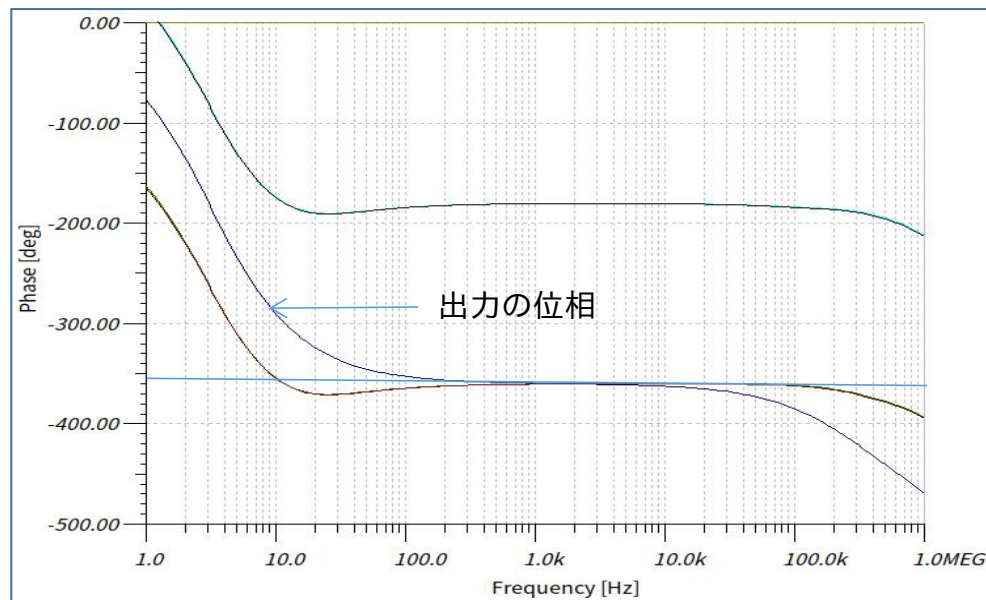
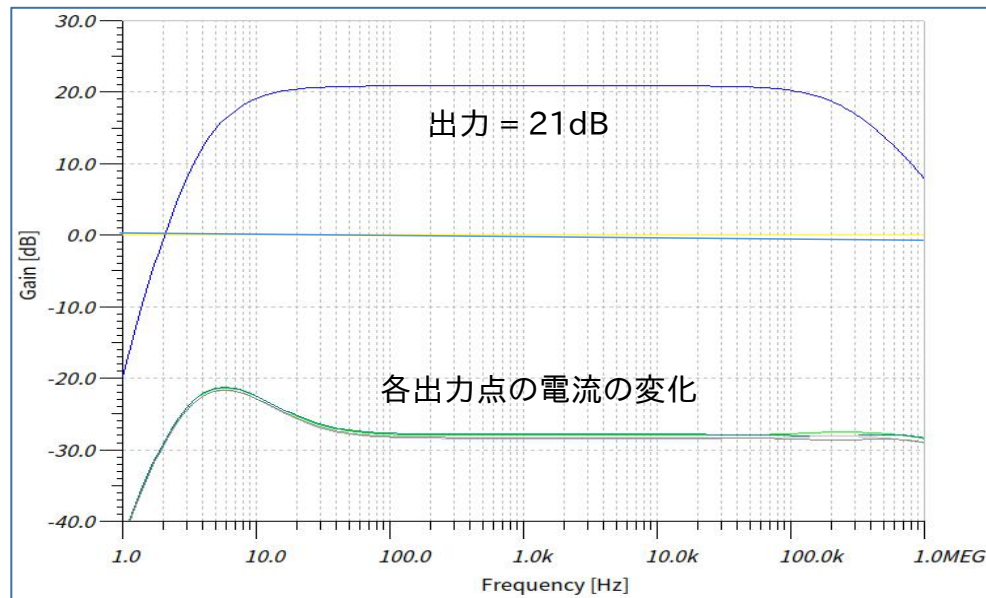
HIGH端子におけるゲインは、約21dBです。10Wクラスの中級パワーアンプとしては使いやすいゲインとなっています。

- 1) 定格入力(=850mV)では、8ΩまでA級動作となっています。
8Ω負荷の最大出力は15W(AB級)です。
- 2) 負荷インピーダンス低下時は、4Ωまで定格入力が可能です。
- 3) 出力インピーダンスは、ループ帰還のないパワーアンプとしては十分に低い値となっています。
- 4) 歪率は、無帰還アンプとしては十分に低い値です。

LOW端子におけるゲインは、約17.5dBです。定格出力には、若干高い入力が必要です。

- 1) 定格入力(=920mV)では、4ΩまでA級動作となっています。
4Ω負荷の最大出力は14W(AB級)です。
- 2) 負荷インピーダンス低下時は、2Ωまで定格入力が可能です。
- 3) 出力インピーダンスは、出力トランスのインピーダンス比より、若干高くなっています。
- 4) 歪率は、無帰還アンプとしては十分に低い値です。

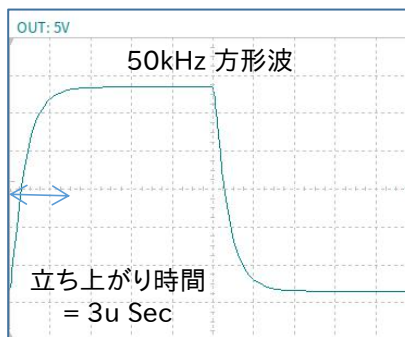
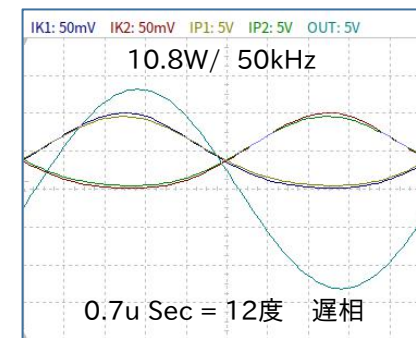
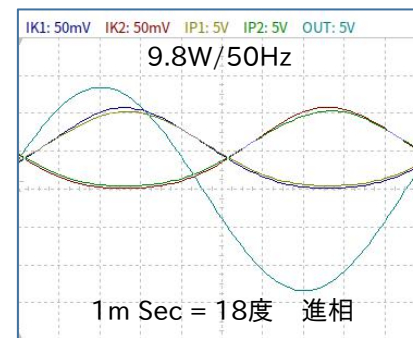
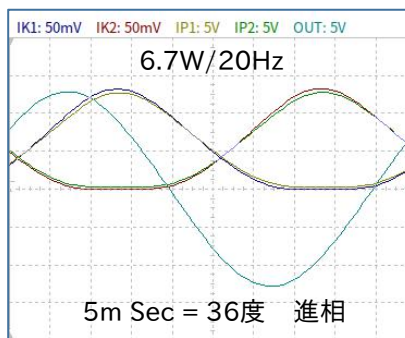
4. アンプの特性 (2/2)



左図に、周波数特性および位相特性を示します。(HIGH端子 1W/8 Ω /1kHz)

- 1) 周波数特性は、20Hz ~ 100kHz (−1dB)と広帯域となっています。
- 2) 本機の電圧増幅管は、内部抵抗が低く入力容量が小さいものを採用しており、出力管は、UL接続で内部抵抗を下げています。これらが良好な高域特性につながっています。
- 3) 低域は、出力トランスのインダクタンスに依存します。本機では、2次側に定格の1/2の負荷を接続することで、1次側は5k Ω の1/2 = 2.5k Ω で使用しています。1次側巻数は5k Ω そのままのため、インダクタンスは余裕を持っています。

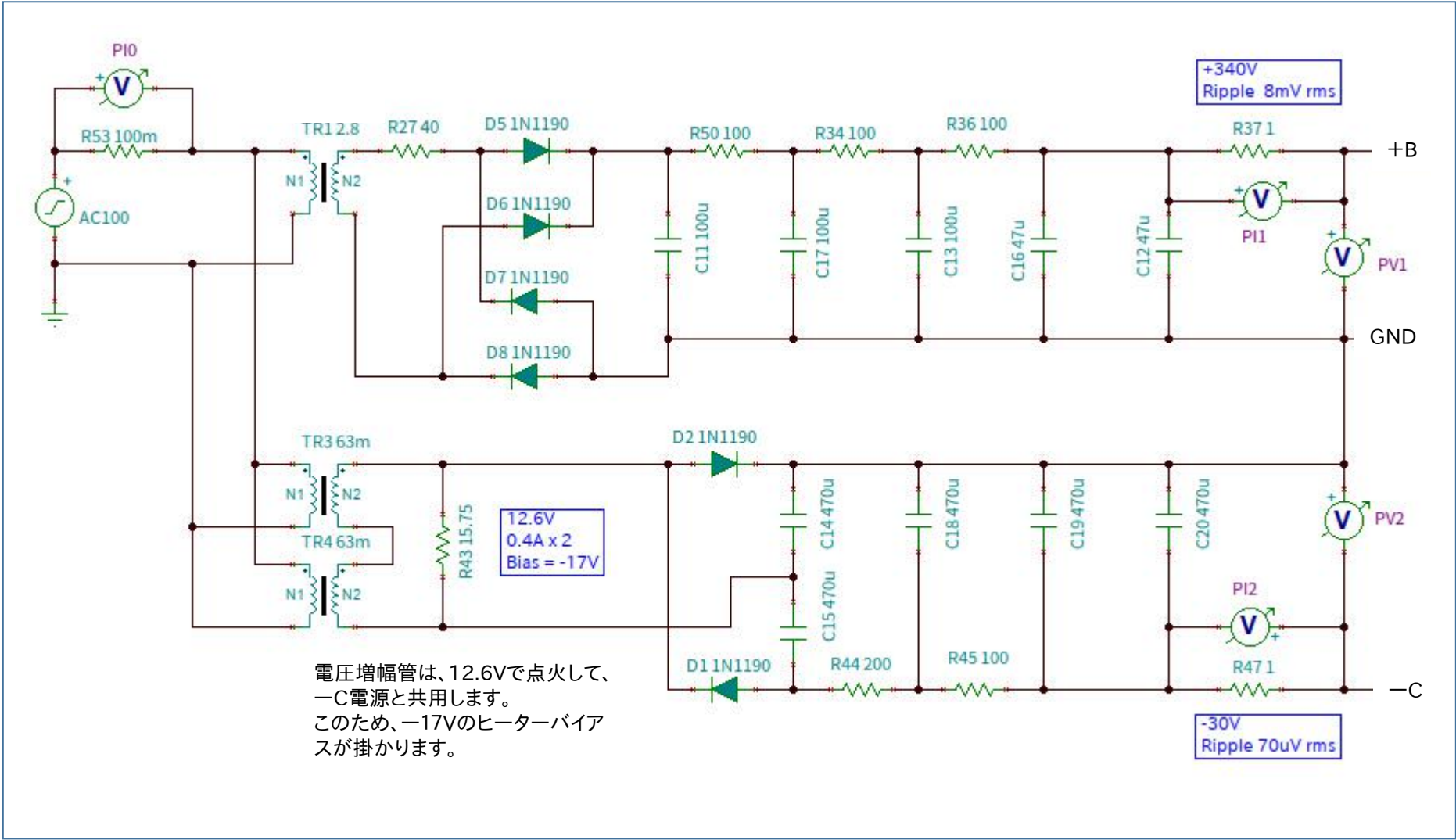
下図にパワーバンド特性を示します。(HIGH端子 11.3W/8 Ω /1kHz)



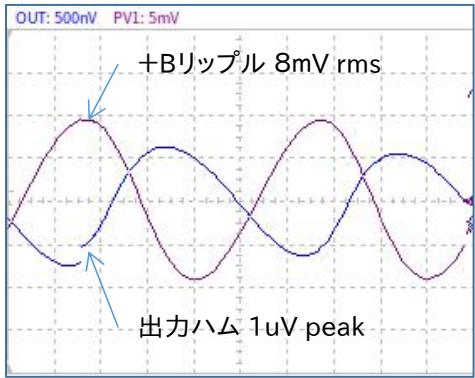
- 1) A級動作のパワーバンドは、およそ 50Hz ~ 50kHz となっています。
- 2) 低域の20Hzでは、十分な出力がありますが、AB級動作となります。

5. 電源部の回路設計

電源部のシミュレーション回路図を示します。電源回路は参考例です。各自、工夫していただきたいです。以下、当回路のポイントを解説します。

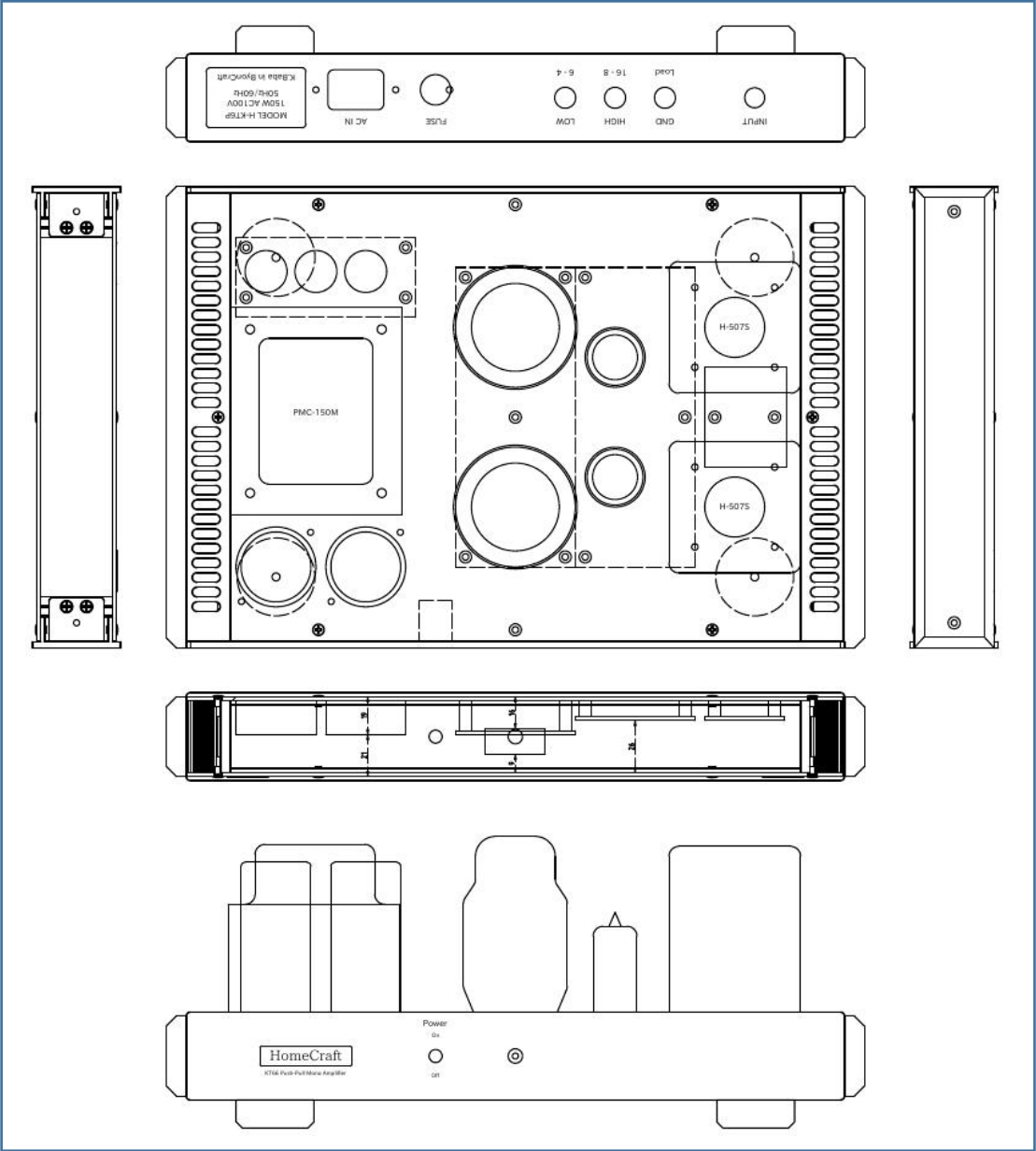


- +B電源（350V前後、80mA）
- 1) ダイオードによるブリッジ整流または全波整流回路です。
 - 2) 4段CRフィルタで平滑します。Cを大きく取り、Rは小さくしています。合計400uFのコンデンサーを投入します。
 - 3) 出力のハムは、約1uV peakに収まっています。



- C電源（-30V前後、15mA）
- 1) ヒーター回路（12.6V）から、倍電圧整流で生成しています。

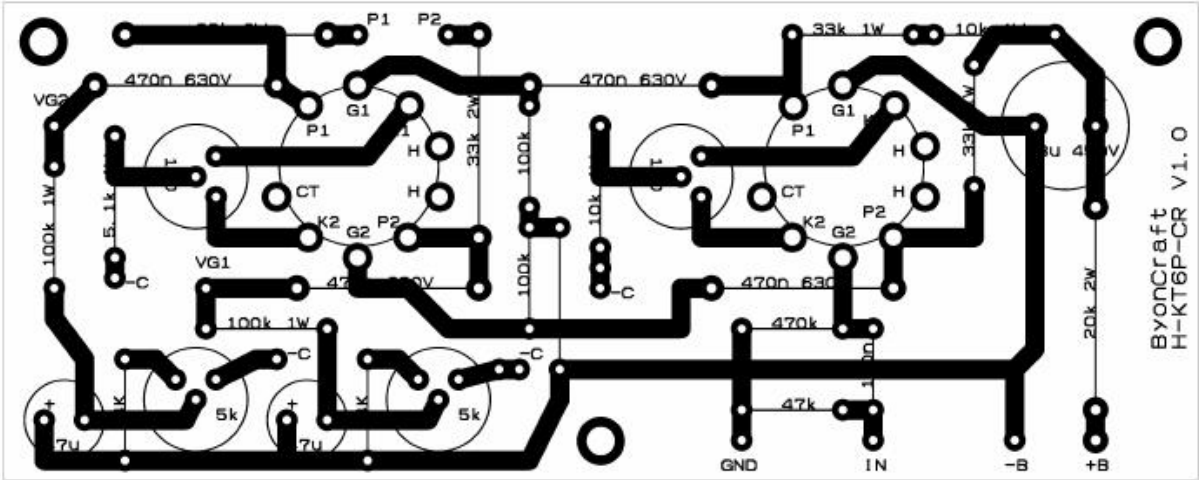
6. 実装設計



左図に実装の概略図を示します。
ドライブ段および電源は、プリント基板を使用し、極力コンパクトに実装するように工夫しました。
出力管周りは手配線です。出力管サブシャーシに端子板を設けて、CR類を取り付けて配線します。
下記に本機の主要部品の一覧を示します。

No	部品名	定格等	メーカー	備考
1	筐体	アルミケース	タカチ HY-44-33-23	W=330,D=230,H=44 カスタム加工特注 出力管サブシャーシ込み
2	電源トランス	PMC-150M	ゼネラルトランス	B巻線 280V～290V
3	出力トランス	HW-15-5 x 2	橋本トランス	5kΩpp : 16Ω/8Ω 75H/150mA 60H/Unbal=5mA 15W/50Hz
4	+B電源基板	90 x 40 t2	ユニクラフト	特注
5	+B給電コンデンサー	47uF 800V x 2	SHIZUKI RUZ フィルムコンデンサー	取付バンド込み
6	－C電源基板	50 x 40 t2	ユニクラフト	特注
7	ドライブ段基板	150 x 60 t2	ユニクラフト	特注
8	Power	6P 8A	日本電産フジソク	トグルSW

7. 基板設計(1/2)



ドライブ段基板のパターン図と部品表を示します。

- 1) パターン図は実寸大ではありません。部品配置の参考にしてください。
- 2) パターンは裏面片面です。パターン面にMT9Pソケットを実装します。
- 3) 表面にCRを実装します。数カ所ジャンパーがあります。
- 4) ソケットの取付を工夫すれば、2.54mm間隔の穴あき基板も使えると考えます。

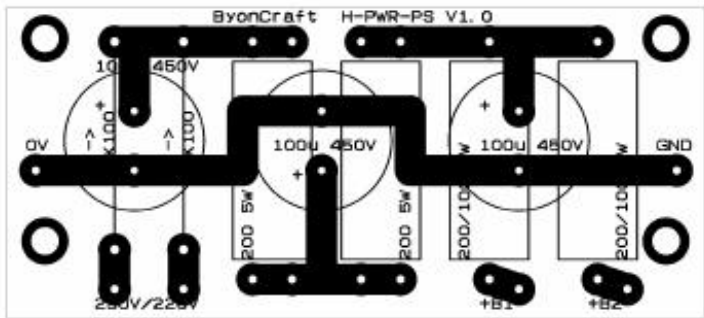
分類	部品名	値、定格等	数量	備考
C	次段結合コンデンサー	0.47u 630V	2	SHIZUKI DEMS
R	次段グリッドリーク抵抗	100k 1/2W	2	金属皮膜
R	次段プレート抵抗	33k 2W	2	金属皮膜
R	次段カソードバランス調整	100 RJ-13	1	日本電産コパル
R	次段カソード定電流抵抗	4.7k 1W	1	金属皮膜
C	出力段結合コンデンサー	0.47u 630V	2	SHIZUKI DEMS
R	出力段グリッドリーク抵抗	100k 1W	2	金属皮膜
R	出力段バイアス調整	5k RJ-13	2	日本電産コパル
R	出力段バイアス抵抗	24k 1/2W	2	金属皮膜
C	出力段バイアスコンデンサー	47u 50V	2	日本ケミコン KYB / KMG
R	出力段グリッド入力抵抗	1k 1/2W	2	金属皮膜 出力管ソケットにて配線
R	出力段SG抵抗	100 1W	2	金属皮膜 出力管ソケットにて配線
R	出力点電流検出抵抗	1 1W	4	金属皮膜 出力管ソケットにて配線

(合計 39)

7. 基板設計(2/2)

+B電源基板のパターン図と部品表を示します。

- 1) パターン図は実寸大ではありません。部品配置の参考にしてください。
- 2) パターンは裏面片面です。
- 3) 表面にケミコンを実装します。基板を取り付けると、天板から頭が突出します。
- 4) パターン面にダイオードと抵抗を実装します。
- 5) 回路図中の100Ωは、200Ωを上下に重ねて並列に取り付けます。
- 6) 2.54mm間隔の穴あき基板も使えると考えます。

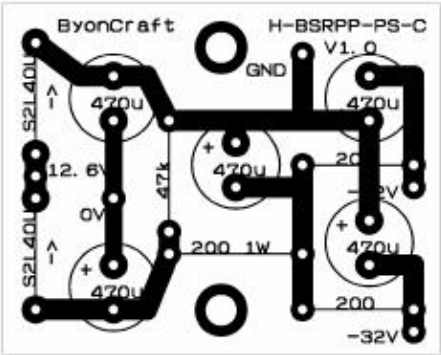


分類	部品名	値、定格等	数量	備考
	プリント基板	90 x 40 t2	1	片面 ユニクラフト 特注
Di	ダイオード	1000V 2A	2	新電元 S2K100 FRD
R	フィルター抵抗	200 5W	6	セメント
C	フィルターコンデンサー	100u 450V	3	日本ケミコン KXJ

(合計 12)

－C電源基板のパターン図と部品表を示します。

- 1) パターン図は実寸大ではありません。部品配置の参考にしてください。
- 2) パターンは裏面片面です。
- 3) すべて表面に実装します。
- 4) 2.54mm間隔の穴あき基板も使えると考えます。
- 5) シミュレーション回路図にはありませんが、放電用抵抗を追加しています。
- 6) 基板は、Balanced-SRPPアンプと共用です。



分類	部品名	値、定格等	数量	備考
	プリント基板	50 x 40 t2	1	片面 ユニクラフト 特注
Di	ダイオード	400V 2A	2	新電元 S2L40U FRD
R	フィルター抵抗	200 1W	1	金属皮膜
R	フィルター抵抗	200 1/2W	2	金属皮膜
C	フィルターコンデンサー	470u 50V	5	日本ケミコン KYB
R	放電用抵抗	47k 1/2W	1	金属皮膜

(合計 12)